

Perubahan Beberapa Sifat Fisika-Mekanika Akibat Lintasan Pengolahan Tanah Dengan Traktor Poros-Dua Pada Beberapa Lahan Miring Dan Dampaknya Terhadap Hasil Kedelai

(Changes of Physical-Mechanical Characteristics Due to Traffic Soil Tillage Frequency on Some Land Slopes and Its Implication to Soybean Yields)

Yuswar Yunus

Guru Besar Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

Abstract

The research aimed to investigate how far increasing frequency of tractor traffic tillage on slopy ground could deteriorate land stability and soil productivity has been carried out by observing and analyzing the changes of soil physical-mechanical properties underneath wheel tracks of a 2-WD tractor, at Andisols Order Soil. The experiment was conducted at the experimental field of Sare, gampoeng Aceh Village, Sub-province Aceh Besar, Aceh Province, from April up to September 2009. The altitude is 445 m above sea level. Research method employed, encompassing: (1) variance analysis due to factorial split-plot random design, to observe the effect of the treatments on soil productivity as indicated by soybean plant (*Glycin max* L.). The design consisted of three levels of treatments of land slope as the main plots, where: $k_1 = 0 -5$ percent (relatively flat), $k_2 = 6 -10$ percent (rather slopy), dan $k_3 = 11-15$ percent (slopy/critical), and six levels of treatments of traffic tillage frequency as split plots, where: $l_0 =$ no traffic, $l_1 =$ one time traffic, $l_2 =$ three times traffic, $l_3 =$ five times traffic, $l_4 =$ seven times traffic, and $l_5 =$ nine times traffic, each at two replications, respectively; and (2) regression and correlation analysis that was used to observe the relation of traffic tillage frequency and changes of soil physical-mechanical properties as indications of land stability and productivity changes. Data observed were: soil bulk density, total porosity, stability index of soil aggregates, soil permeability, moisture content, soil consistency, soil plasticity, soil cne index, soil shear strength, and land productivity indicated by yield components of soybean plant, i.e.; root length, root weight, and yield of soybean plant. Results of the research generally indicated that maximum percentage of soil physical-mechanical changes occurred in k_1 to k_3 at l_2 was tolerable for its soil stability index was greater than 30 in which the yield of soybean – relatively low though, varied at the local level within 0.6-1.9 tonnes a hectare. Obtained from variance analysis the yield of soybean interacted significantly at l_0-l_5 as well as at k_1-k_3 . Quantitatively, the results showed that the changes of soil physical-mechanical properties as well as growth components and yield of soybean were significantly different at increasing frequency of tillage traffic and land slopes. While qualitatively, obtained from regression-correlation analysis the above indication showed polynomial relations of a reliability R^2 of 0.96 to 1.00 for yield of soybean plant and stability index of soil aggregates at increasing frequency of traffic tillage of l_0-l_5 in the three land slopes of k_1-k_3 .

Key Words : *Traffic frequency, Land Slopes, Compaction, Bulk Density, Porosity, Penetration*

PENDAHULUAN

Traktor merupakan alat bantu mekanis yang sekarang ini semakin luas penggunaannya, baik di dalam kegiatan prapanen maupun kegiatan pascapanen. Dalam kegiatan tersebut penggunaan traktor dapat membuat pekerjaan lebih ringan, cepat dan tepat guna serta dapat melakukan pekerjaan-pekerjaan besar dalam waktu yang relatif cepat dibandingkan dengan pengolahan tanah secara tradisional.

Penggunaan traktor untuk pengolahan tanah merupakan salah satu

upaya pengemburan tanah menjadi suatu media siap tanam yang dapat dicapai melalui proses pembajakan (Kramadibrata, 2000), namun sarana teknis tersebut di sisi lain dapat juga menimbulkan dampak yang merugikan terhadap tanah, misalnya berupa pemadatan tanah dan terjadinya erosi pada lahan-lahan miring..

Penggunaan traktor dapat mempengaruhi sifat fisika-mekanika tanah akibat kualitas dan kuantitas lintasan, sedangkan kondisi tanah dan kemiringan lahan akan mempengaruhi kelincahan operasi traktor dan kualitas hasil olahan tanah.

Konsekuensinya kapasitas dan laju infiltrasi air hujan ke dalam tanah menjadi terganggu, stabilitas agregat tanah menjadi rendah dan akhirnya indeks erodibilitas tanah juga meningkat.

Kepadatan tanah akibat beban atau tekanan yang bekerja pada tanah, terdiri dari tekanan dengan arah horizontal dan tekanan dengan arah vertikal. Tekanan arah horizontal disebabkan oleh kerja implemen (bajak), sedangkan tekanan arah vertikal disebabkan berat dinamis traktor (Yunus, 2004). Sifat reaksi tanah terhadap beban ini adalah memberikan penahanan dengan arah horizontal dan kemampuan menyangga beban dinamis traktor ke arah vertikal dan kekerasan tanah atau kemampuan penetrasi. Ketiga bentuk sifat mekanis ini ditentukan oleh kandungan koloid, bahan pengikat partikel-partikel tanah, tekstur dan struktur tanah (Koolen dan Kuipers, 1983).

Koolen dan Kuipers, (1983) menyatakan bahwa beban dinamis ke arah vertikal untuk traktor adalah berat dinamis traktor yang meliputi gaya-gaya tegak lurus pada bidang penyanggaan. Besarnya kemampuan tanah untuk menyangga selanjutnya akan menentukan daya maksimal yang dipakai untuk bekerja. Biasanya tanah yang mempunyai penyanggaan yang besar memiliki nilai kekerasan yang tinggi pula. Sifat mekanika tanah ini dapat diketahui dengan mengukur tahanan geser (*shear resistance*) dan daya penetrasi (*penetro resistance*).

Menurut Kepner *et al.* (1982) gaya yang diberikan oleh traktor terhadap tanah akan memberikan perubahan terhadap kestabilan tanah tersebut. Bila tahanan tanah tidak dapat menahan gaya yang diberikan oleh traktor, maka timbul efek dinamika tanah (*soil dynamics*) seperti pemadatan yang dapat menghilangkan kestabilan ruang pori dan infiltrasi air ke lapisan tanah yang lebih dalam.

Berdasarkan pemikiran di atas penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan beberapa sifat fisika-mekanika tanah akibat keragaman lintasan traktor pada lahan dengan tingkat kemiringan yang berbeda yaitu : (a) untuk melihat bobot isi, porositas, ketahanan penetrasi tanah, distribusi pori, permeabilitas, kemantapan agregat, konsistensi, plastisitas dan

peunetrasi tanah, tahanan geser tanah serta (b) pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai.

METODE PENELITIAN

Tempat, Waktu, dan Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan di Sare, desa/gampong Aceh Kecamatan Lembah Seulawah, Kabupaten Aceh Besar, Propinsi Aceh, dari bulan April sampai dengan September 2009, pada ketinggian 445 meter di atas permukaan laut (dpl). Tanah percobaan termasuk dalam ordo Andisols.

Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari: benih kedelai kultivar Davros, pupuk N, P, dan K. Di samping itu juga digunakan insektisida dan fungisida untuk pencegahan hama dan penyakit tanaman. Sedangkan peralatan yang digunakan di lapangan terdiri dari satu unit traktor roda 4 merk Fiat tipe 45/46.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan petak terpisah (*split plot design*) pola faktorial (Gomez dan Gomez, 1995), lintasan traktor (T) ditempatkan sebagai anak petak dan kemiringan lahan (L) sebagai petak utama. Kemiringan lahan terdiri atas 3 level yaitu 0 – 5 persen, 6 -10 persen, dan 11 -15 persen; sedangkan faktor lintasan traktor terdiri atas 6 level yaitu, tanpa lintasan, 1, 3, 5, 7, dan 9 kali lintasan. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak dua kali.

Variabel respons yang diamati di lapangan maupun di laboratorium adalah sebagai berikut: Sifat fisika tanah, terdiri atas bobot isi, porositas total, distribusi pori, permeabilitas, konsistensi dan plastisitas, indeks stabilitas agregat. Sifat mekanika tanah, yang diamati adalah ketahanan geser tanah dan ketahanan penetrasi tanah. Pertumbuhan akar dan hasil tanaman juga diamati sebagai variabel respons, terdiri dari panjang dan bobot kering akar serta bobot kering biji kedelai dan hasil kedelai yang dikonversi ke hektar.

Analisis Data

Setiap data yang diperoleh, diolah secara statistik parametrik yaitu untuk menguji hipotesis. Pengaruh faktor perlakuan terhadap sifat fisika dan mekanika tanah diuji dengan sidik ragam (anova) atau uji Fisher (F) pada probabilitas atau tingkat peluang 0,05 dengan mengikuti prosedur Gomez dan Gomez., (1995). Untuk melihat perbedaan

rata-rata respons perlakuan, jika perlakuan berpengaruh nyata akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 0.05.

Bentuk hubungan dan derajat keeratan di antara variabel respons, berupa sifat-sifat fisika dan mekanika tanah, diuji dengan teknik regresi dan korelasi. Kebermaknaan model regresi yang diperoleh diuji dengan analisis varians (anova) atau uji F, keeratan hubungan atau korelasi antara setiap variabel ditentukan dengan uji korelasi (R), dan besarnya pengaruh setiap variabel respon terhadap hasil (Y) ditentukan dari koefisien determinasi (R^2). Sedangkan kesesuaian model yang diperoleh diuji dengan residu dengan mengikuti prosedur Gomez dan Gomez (1995)

Pelaksanaan Penelitian

Lahan dibersihkan dari semak dan rerumputan, selanjutnya dibuat petak dengan ukuran efektif 8 x 6 m dengan mengikuti arah kontur, masing-masing kemiringan dipersiapkan 12 petak yang terdiri dari 6 petak untuk ulangan pertama dan 6 petak untuk ulangan kedua, yaitu untuk kemiringan lahan 0-5 persen, 6-10 persen, dan 11 -15 persen. Jarak antar petak utama yang satu dengan petak utama lainnya adalah 100 m dan masih dalam satu lokasi dengan jenis tanah yang sama (ordo Inceptisols) serta dibatasi oleh kemiringan lahan yang berbeda.

Pengolahan tanah menggunakan traktor roda 4 merek Fiat dengan daya 45/46 HP, diolah sampai kedalaman 25 cm dengan menggunakan jenis bajak singkal dengan teknik pengolahan sesuai arah kontur. Kecepatan traktor pada saat pengolahan tanah adalah konstan pada kecepatan 5 km jam⁻¹.

Penanaman benih kedelai dilakukan setelah selesai perlakuan lintasan, dimana penanaman dilakukan serempak dalam

lubang tanam yang dibuat dengan menggunakan alat tugal, yaitu jarak dari pinggir petak 20 cm, sedangkan jarak tanam 40 x 25 cm atau jarak antara barisan 40 cm dan dalam barisan 25 cm. Setiap lubang tanam diberikan 2 butir benih dan setelah tumbuh dipilih 1 tanaman yang terbaik dalam 1 lubang tanam. Penyulaman tanaman yang tidak tumbuh atau mati dilakukan sampai batas waktu 1 minggu setelah tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Penunjang (Iklim)

Iklim di lokasi percobaan menurut metode Schummidt dan Furgusson (1951) yang berdasarkan pada ratio rata-rata bulan kering dan rata-rata bulan basah, menunjukkan bahwa daerah percobaan termasuk tipe iklim B (iklim agak basah). Curah hujan selama percobaan berkisar antara 6,2 sampai dengan 178,1 mm dimulai sejak bulan April sampai dengan September 2009. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Mei dan berangsur-angsur menurun. Keadaan curah hujan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air bagi pertumbuhan tanaman kedelai pada fase vegetatif dan fase pembungaan hingga pengisian polong mengalami kekurangan, padahal tanaman kedelai memerlukan air sebanyak 100-200 mm/bulan selama pertumbuhannya (Rukmana dan Yuniarsih., 1996). Oleh karena itu untuk memenuhi kebutuhan air, telah dilakukan penyiraman jika tidak ada hujan.

Dari data Stasiun Meterologi Blang Bintang kabupaten Aceh Besar, selama percobaan menunjukkan rata-rata temperatur udara 28,0⁰ C, dengan temperatur tertinggi 28.6⁰ C dan terendah 27.4⁰ C.

Tabel 1. Data Iklim Selama Percobaan Dari Bulan April Sampai dengan September 2009 (Nilai rata-rata harian)

No.	Unsur Iklim	April	Mei	Juni	Juli	Agt	Sept	Rata2
1.	Curah hujan (mm)	191	178,1	21,9	6,2	118,3	126,8	107,1
2.	Temperatur (°C)	27,8	27,8	28,6	28,6	27,4	27,6	28,0
3.	Evaporasi (mm)	5	4,9	6	5,4	4,9	5,7	5,3
4.	Penyinaran matahari (%)	66,5	60,5	68,9	61,4	37,8	49,3	57,4
5.	Kelembaban (%)	80	78,4	69	68,8	76,2	74.2	74,4

Sumber: Stasiun Meteorologi Blang Bintang – Kab. Aceh besar (2009).

Hubungan Perlakuan dengan Sifat Fisika dan Mekanika Tanah

Untuk mengetahui bentuk hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan beberapa sifat fisika tanah pada setiap kemiringan lahan dilakukan analisis regresi sederhana.

Berdasarkan hasil uji regresi, terlihat bahwa bentuk hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan semua sifat fisika tanah yang diamati membentuk model regresi kuadrat yang bersifat nyata, masing-masing untuk bobot isi pada kemiringan 6 –10 persen, drainase cepat dan pori air tersedia pada kemiringan 11 –15 persen, permeabilitas pada kemiringan 0 –10 persen, indeks stabilitas agregat dan konsistensi pada kemiringan 0–15 persen dan plastisitas. Kurva hubungan frekuensi lintasan traktor yang dioperasikan pada lahan dengan kemiringan 6 – 10 persen teruji secara nyata dengan bobot isi tanah (P 0,0348). Hal ini berarti bahwa model regresi kuadrat hubungan kedua variabel tersebut dapat digunakan untuk membuat prediksi penetapan frekuensi lintasan traktor yang memberikan nilai bobot isi tanah yang paling optimal bagi pertumbuhan tanaman pada kemiringan tanah 6 – 8 persen. Bentuk hubungan tersebut dapat dilihat dalam Gambar 1 dengan mengikuti persamaan berikut :

$$Y_{k2} = 1,019 + 0,0638 X - 0,0049 X^2$$

($R^2 = 0,8499$)

Selanjutnya juga diketahui bahwa koefisien korelasi Pearson (r) adalah sebesar 0,038, menyatakan derajat keeratan hubungan (*correlation*) antara frekuensi lintasan traktor pada kemiringan 6 – 10 persen dengan bobot isi tanah termasuk dalam katagori sangat tinggi. Sedangkan koefisien determinasi (r^2) adalah 0,8499 yang berarti sekitar 84,99 persen keragaman nilai bobot isi tanah ditentukan oleh frekuensi lintasan traktor dan hanya 15,01 persen dipengaruhi oleh faktor lain di luar perlakuan frekuensi lintasan traktor.

Hasil uji kesejajaran-keberimpitan garis regresi, juga menunjukkan bahwa garis regresi untuk kemiringan 6 -10 persen berbeda nyata dengan garis lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan tersebut memberikan pengaruh yang berbeda terhadap bobot isi tanah.

Persentase pori drainase cepat pada lahan dengan kemiringan 11 – 15 persen berkorelasi secara nyata dengan mengikuti model regresi kuadrat. Hasil analisis ragam diperoleh nilai F hitung 22,21 dengan peluang atau probabilitas P 0,016. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hubungan kuadrat antara frekuensi lintasan traktor dengan persentase pori drainase cepat pada kemiringan 11 – 15 persen menurut persamaan : $Y_{k3} = 10,763 - 1,5403 X + 0,2102 X^2$ ($R^2 = 0,7499$) adalah bersifat nyata (Gambar 1). Besarnya hubungan (korelasi) tersebut yang tercermin dari nilai koefisien korelasi (r) mencapai 0,97 merupakan derajat keeratan hubungan antara kedua variabel, termasuk dalam kategori “sangat tinggi”. Sedangkan koefisien determinasi adalah 0,7499, artinya sebesar 74,99 persen keragaman persentase pori drainase cepat ditentukan oleh frekuensi lintasan traktor yang dioperasikan pada lahan dengan kemiringan 11 – 15 persen dan hanya 25,01 persen keragaman nilai porositas ini dipengaruhi oleh faktor lain selain lintasan traktor.

Menurut hasil uji kesejajaran-keberimpitan, diketahui bahwa garis regresi untuk kemiringan 11 -15 persen (k_3) sejajar dengan garis lainnya. Pada Gambar 1 terlihat bahwa garis regresi k_3 terletak dibawah kedua garis lainnya. Hal ini menunjukkan pada kemiringan 11 -15 persen akan diperoleh pori drainase cepat yang lebih rendah dibandingkan kemiringan lainnya pada frekuensi lintasan traktor yang sama.

Hasil analisis sidik ragam, menunjukkan hubungan antara persentase pori air tersedia dengan frekuensi lintasan traktor pada kemiringan 11 – 15 persen diperoleh nilai F hitung sebesar 9,740 dengan probabilitas 0,049 (lebih kecil dari taraf nyata 0,05). Artinya hubungan antara variabel tersebut menurut persamaan regresi kuadrat berikut: $Y_{k3} = 12,503 - 0,0971 X - 0,0315 X^2$ ($R^2 = 0,7983$) adalah bersifat nyata. Besarnya korelasi antara variabel tersebut mencapai 0,93 (sangat tinggi) dan besarnya kontribusi frekuensi lintasan terhadap keragaman persentase pori air tersedia mencapai 93 persen. Hubungan antara persentase pori air tersedia dengan frekuensi lintasan traktor pada kemiringan 11 –15 persen dapat dilihat pada Gambar 1.

Hasil uji kesejajaran-keberimpitan garis regresi untuk kemiringan 11-15 persen ternyata menunjukkan bahwa garis tersebut sejajar dan berimpit dengan garis lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa menurut uji ini semua kemiringan yang diuji akan memberikan pengaruh yang sama terhadap persentase pori air tersedia.

Hillel (1980) menyatakan bahwa pada suatu usaha pemadatan tanah yang tetap, bobot isi tanah merupakan fungsi dari kadar air tanah. Bobot isi tanah meningkat mulai dari meningkatnya kadar air tanah dan mencapai puncak yang disebut kadar air optimum, selanjutnya menurun dengan meningkatnya kadar air tanah. Teori tersebut dapat ditelusuri dengan uji pemadatan tanah di laboratorium. Metode yang umum digunakan dalam menentukan bobot isi tanah adalah dengan cara mengambil contoh tanah di lapangan kemudian diukur volume dan berat kering tanah tersebut.

Sedangkan perubahan bobot isi tanah, jika diberi tekanan kompresi pada tanah berdebu lebih besar dari pada tanah liat. Pada keadaan kering udara, ketahanan pemadatan tanah liat, lempung berdebu dan lempung berpasir tidak berbeda. Tetapi jika kandungan air ditingkatkan, dengan tekanan yang sama, perubahan bobot isi tanah liat lebih rendah dibandingkan tanah lempung berpasir. Pada kandungan air 8 persen perubahan bobot isi tanah liat hanya $0,17 \text{ g cm}^{-3}$, sedang pada tanah lempung berpasir $0,45 \text{ g cm}^{-3}$. Hal ini menunjukkan bahwa ketahanan pemadatan tanah liat lebih tinggi (Harris, 1971).

Bentuk hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan sifat permeabilitas tanah disajikan dalam Gambar 1. Menurut gambar tersebut terlihat bahwa hubungan antara variabel dimaksud mengikuti model regresi kuadrik dengan persamaan : $Y_{K1} = 0,549 - 0,1631 X + 0,1234 X^2$ ($R^2 = 0,94$)
 $Y_{K2} = 0,579 - 0,1629X + 0,0121 X^2$ ($R^2 = 0,93$)

Kecuali pada kemiringan 11–15 persen, korelasi antara frekuensi lintasan traktor dengan permeabilitas tanah bersifat nyata dengan nilai probabilitas masing-masing untuk kemiringan 0 –5 persen adalah 0,016 dan pada kemiringan 6–10 persen sebesar 0,020 dengan tingkat keeratan hubungan antara kedua parameter itu 22.29 dan 18.56.

Adapun besarnya kontribusi pengaruh frekuensi lintasan traktor terhadap dinamika permeabilitas tanah adalah 94 persen pada kemiringan 0–5 persen dan 93 persen pada kemiringan 6–10 persen. Berdasarkan uji kesejajaran-keberimpitan ketiga kemiringan yang dicoba memberikan pengaruh yang sama terhadap permeabilitas tanah.

Kurva indek stabilitas agregat tanah teruji secara nyata dengan frekuensi lintasan traktor yang dioperasikan pada semua tingkat kemiringan lahan dengan probabilitas masing-masing dari kemiringan terendah (0-5 persen) hingga ke kemiringan tertinggi (11-15 persen) adalah 0,002, 0,0176, dan 0,0184. Bentuk hubungan tersebut mengikuti garis regresi kuadratik dengan persamaan berikut:

$$Y_{K1} = 96,962 - 14,437 X + 0,9069 X^2 \quad (R^2 = 0,9639),$$

$$Y_{K2} = 117,46 - 2,8691 X - 0,6486 X^2 \quad (R^2 = 0,9246),$$

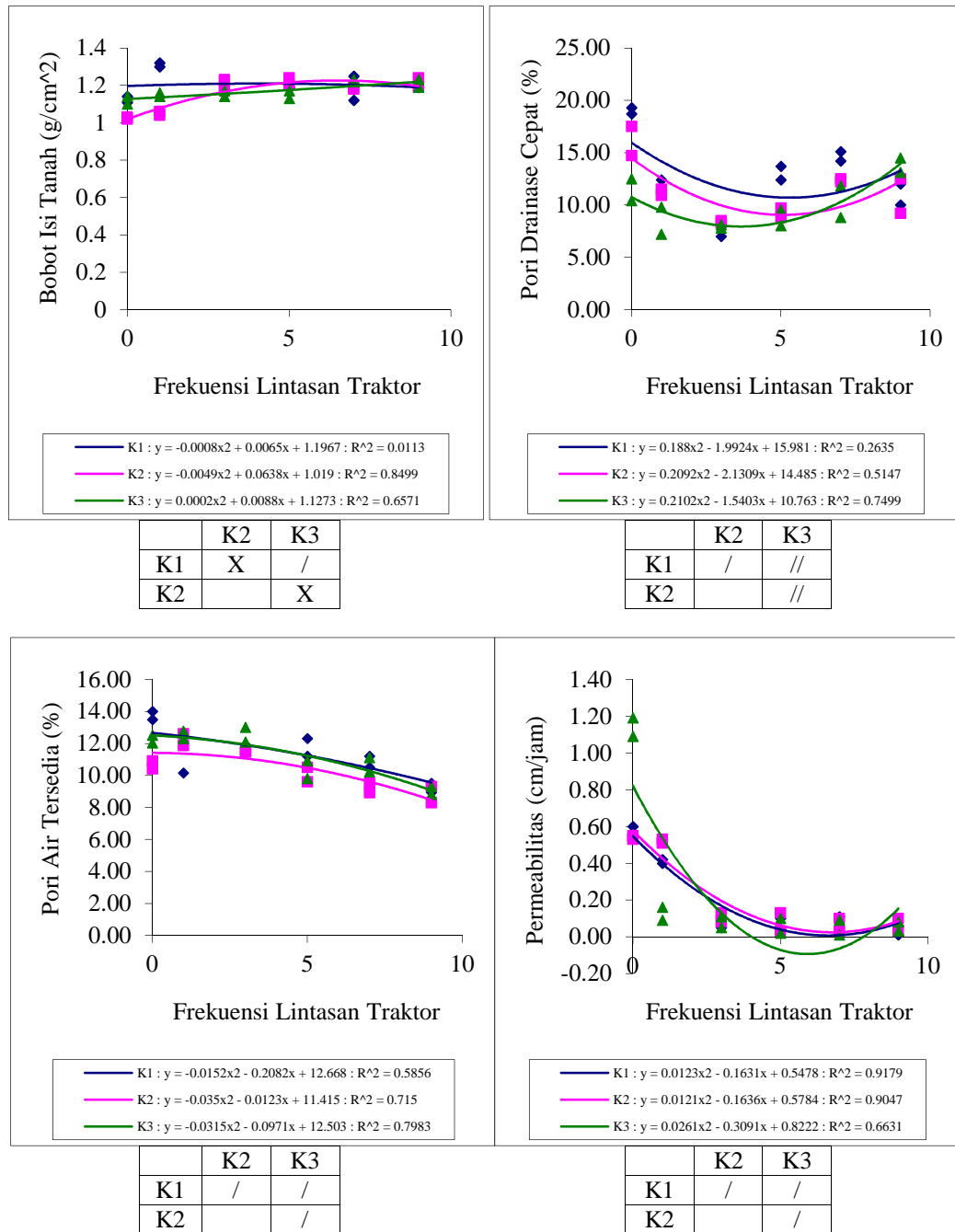
$$Y_{K3} = 115,34 - 21,569 X + 0,78 X^2 \quad (R^2 = 0,9157).$$

Tingkat hubungan antara variabel tersebut adalah tertinggi pada kemiringan 6 – 10 persen yaitu sebesar 20.67 dan terendah pada kemiringan 11 -15 persen yaitu 20.03. Dengan demikian besarnya pengaruh frekuensi lintasan traktor terhadap indek stabilitas agregat tanah pada masing-masing kemiringan lahan juga demikian yaitu sebesar 93 persen pada lahan dengan kemiringan 6–10 persen dan 93 persen pada kemiringan 11–15 persen. Untuk lebih jelasnya, hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan indek stabilitas agregat tanah pada berbagai tingkat kemiringan tanah dapat dilihat dalam Gambar 2. Hasil uji kesejajaran-keberimpitan juga menunjukkan bahwa ketiga garis regresi tersebut berbeda.

Sebagaimana halnya indek stabilitas agregat tanah, hubungan frekuensi lintasan traktor dengan konsistensi tanah juga bersifat nyata pada ke tiga tingkat kemiringan lahan dengan nilai probabilitas (P) untuk masing-masing kemiringan dari rendah hingga ke kemiringan tinggi adalah 0,0168; 0,003; dan 0,0210. Bentuk hubungan tersebut mengikuti garis regresi kuadratik sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa tingkat korelasi variabel respon dimaksud dengan frekuensi lintasan traktor masing-masing dari

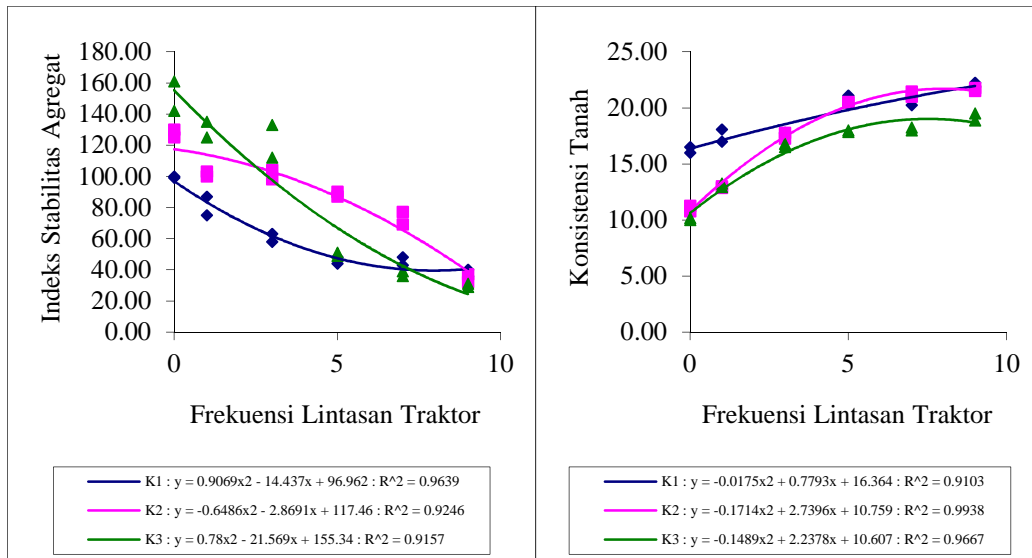
kemiringan lahan terendah adalah 21,34; 32,84; dan 18,22. Selain itu juga diketahui kontribusi frekuensi lintasan traktor yang dioperasikan pada ketiga tingkat kemiringan

lahan tersebut masing-masing dari kemiringan rendah hingga ke kemiringan tinggi adalah sebesar 93,43 persen, 99,54 persen dan 92,39 persen.



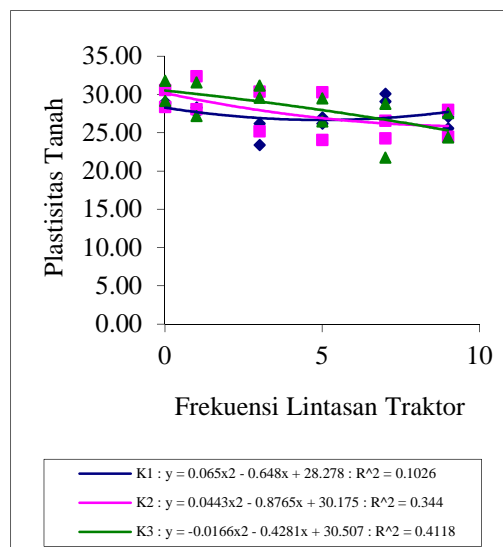
Keterangan : X = Berbeda
 // = Sejajar
 / = Berimpit

Gambar 1. Kurva hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan bobot isi tanah, pori drainase cepat, pori air tersedia, dan permeabilitas tanah pada berbagai kemiringan.



	K2	K3
K1	X	X
K2		X

	K2	K3
K1	X	X
K2		X



	K2	K3
K1	/	/
K2		/

Keterangan : X = Berbeda
/ = Berimpit

Gambar 2. Kurva hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan indeks stabilitas agregat, konsistensi dan plastisitas setelah lintasan traktor pada berbagai kemiringan lahan.

Hasil uji regresi dan korelasi frekuensi lintasan traktor dengan plastisitas tanah pada tiga kemiringan lahan yang dicobakan, dapat diketahui bahwa hanya plastisitas tanah pada kemiringan 6 – 10 persen saja yang secara nyata berkaitan dengan frekuensi lintasan traktor ($P = 0,0452$). Bentuk hubungan tersebut dapat dilihat dalam Gambar 2, yaitu mengikuti garis regresi kuadratik dengan nilai koefisien determinasi 0,344. Hasil uji kesejajaran-keberimpitan menunjukkan bahwa garis regresi untuk kemiringan 6 -10 persen berimpit dengan garis lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa semua kemiringan yang diuji memberikan nilai plastisitas yang sama.

Hasil analisis regresi memperlihatkan bahwa kedua sifat mekanika tanah yang diamati, terdiri dari ketahanan geser dan ketahanan penetrasi tanah mempunyai hubungan yang tidak nyata dengan frekuensi lintasan traktor yang dioperasikan pada semua tingkat kemiringan lahan.

Hubungan dengan Tanaman

Variabel pertumbuhan tanaman yang diamati terdiri atas panjang akar, bobot kering akar, bobot segar akar dan hasil tanaman. Hasil analisis sidik ragam regresi antara frekuensi lintasan traktor dengan panjang akar tanaman kedelai pada kemiringan lahan 6 – 10 persen mempunyai nilai F hitung sebesar 15,35 dengan nilai P 0,0265. Hal ini berarti bahwa kurva kuadratik sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 3 bersifat nyata. Tingkat keeratan hubungan antar variabel tersebut tergolong tinggi dengan koefisien korelasi Pearson sebesar (r) mencapai 0,954. Tingginya pengaruh frekuensi lintasan traktor pada kemiringan 6 – 10 persen terhadap panjang akar tanaman kedelai seperti yang ditunjukkan dari koefisien determinasi (r^2) adalah 0,5849. Nilai ini menunjukkan bahwa sebesar 58,49 persen variasi panjang akar tanaman kedelai disumbang oleh pengaruh dari frekuensi lintasan traktor dan sebesar 41,51 persen disumbang oleh faktor bukan perlakuan. Hasil uji kesejajaran-keberimpitan juga menunjukkan bahwa regresi pada kemiringan 6 -10 persen berbeda dengan garis lainnya.

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan bobot kering akar kedelai yang ditanam pada tiga kemiringan lahan.

Bentuk hubungan tersebut mengikuti persamaan garis regresi kuadratik dengan hasil analisis sidik ragam memperlihatkan hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan bobot kering akar tanaman kedelai hanya nyata pada kemiringan 11 – 15 persen dengan nilai P 0,003. Besarnya tingkat keeratan hubungan tersebut tergolong sangat kuat yaitu mencapai 0,9336 dan besarnya pengaruh frekuensi lintasan traktor terhadap keragaman bobot kering akar tersebut mencapai 93,36 persen. Hasil uji kesejajaran dan keberimpitan menunjukkan bahwa garis regresi pada kemiringan 11-15 persen sejajar dengan regresi pada kemiringan 0 -5 persen dan berbeda dengan regresi pada kemiringan 6 -10 persen.

Kepadatan tanah dapat menghambat pertumbuhan akar dengan cara : (1) meningkatkan kekuatan tanah yang merupakan pembatas mekanik terhadap pertumbuhan akar, (2) mengubah susunan dan distribusi pori tanah. Kekuatan tanah dan aerasi tanah memberikan efek interaksi terhadap kecepatan pertumbuhan tanaman. Makin padat suatu tanah, kekuatannya menjadi meningkat, sehingga diperlukan kekuatan akar yang lebih besar untuk menembus tanah tersebut ; dengan demikian perkembangan akar lebih sedikit (Taylor *et al.*, 1972).

Pola hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan bobot segar akar tidak jauh berbeda dengan bobot kering akar kedelai. Akan tetapi hubungan antara variabel bebas (*independent variable*) dengan bobot segar akar hanya bersifat nyata pada tanaman yang ditanam pada kemiringan lahan 6 – 10 persen tergolong sangat tinggi dengan mengikuti model regresi kuadratik berikut (Gambar 4) :

$$Y_{K2} = 5.4294 - 0.6174 X + 0.0304 X^2 \quad (r^2 \ 0.8998)$$

Adapun besarnya variasi bobot segar akar akibat pengaruh frekuensi lintasan traktor adalah 0,8998, artinya frekuensi lintasan traktor memberi pengaruh sebesar 89,98 persen terhadap bervariasinya bobot segar akar tanaman kedelai. Hasil uji kesejajaran-keberimpitan garis regresi juga menunjukkan

bahwa garis regresi untuk kemiringan 6 -10 persen berbeda dengan garis regresi lainnya. Hasil analisis koefisien regresi (arah regresi) menunjukkan bahwa hanya enam variabel yang nyata memberi kontribusi terhadap keragaman bobot kering akar yaitu faktor X3 (permeabilitas tanah $P = 0,003$), X5 (plastisitas $P = 0,020$), X9 (tahanan geser $P = 0,03$), X10 (penetrasi tanah setelah perlakuan $P = 0,008$), X11 (panjang akar $P = 0,008$), dan X13 (konsistensi tanah $P = 0,006$). Oleh karena itu, variabel yang berdasarkan uji t tersebut terbukti tidak nyata, maka akan dikeluarkan dari model sehingga diperoleh model regresi linier berganda baru yaitu: $Y = 0,3491 - 0,172 X3 + 0,0123 X5 - 0,0135 X9 - 0,187 X10 + 0,019 X11 - 0,021 X13$ ($P = 0,000$). Namun demikian, model persamaan regresi linier berganda yang terakhir ini memperlihatkan validitas yang lebih rendah (0,903) dan demikian pula kontribusi pengaruh total keenam faktor tersebut terhadap bobot akar kering sebesar 81,62 persen. Selain itu diketahui pula bahwa setiap koefisien regresi dari model di atas adalah berbeda nyata. Sedangkan hubungan hasil kedelai dengan beberapa sifat fisika dan mekanika tanah, menunjukkan bahwa hanya tiga sifat fisika tanah yang berpengaruh terhadap hasil tanaman kedelai, yaitu Bobot Isi, Pori Drainase Cepat, Indeks Stabilitas Agregat, meskipun menurut analisis korelasi parsial ketiga sifat fisika tanah tersebut tidak menunjukkan hasil yang nyata (nilai $r < 0,444$). Hubungan antara hasil tanaman kedelai dengan ketiga sifat fisika tanah tersebut disajikan dalam model persamaan, sebagai berikut :

$Y = 3,568 - 1,930 X1 - 0,036 X7 + 0,004 X10$ dengan : X1 = Bobot Isi, X7 = Pori Drainase Cepat dan X10 = Indeks Stabilitas Agregat.

Dari persamaan diatas terlihat bahwa setiap penambahan nilai variabel X1, X7, sebesar satu unit maka akan berakibat terhadap pengurangan hasil tanaman, masing-masing sebesar 1,930 dan 0,036. Sebaliknya untuk variabel X10, dimana setiap penambahan sebesar satu unit akan berakibat terhadap penambahan hasil tanaman sebesar 0,004. Terganggunya perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman pada kondisi aerasi jelek disebabkan karena terganggunya proses fisiologi akar sebagai akibat berkurangnya O_2 dan

meningkatnya CO_2 karena adanya rintangan mekanik yang lebih besar dari tekanan tumbuh maksimum akar, yaitu sebagai akibat pemadatan tanah dari pengaruh frekuensi lintasan traktor dan kemiringan lahan. Aerasi tanah merupakan hasil masuknya oksigen dari udara melalui ruang pori tanah untuk menggantikan oksigen yang digunakan oleh tanaman serta jasad hidup dalam tanah dan keluarnya karbon dioksida yang dihasilkan jasad hidup dalam tanah ke atmosfer.

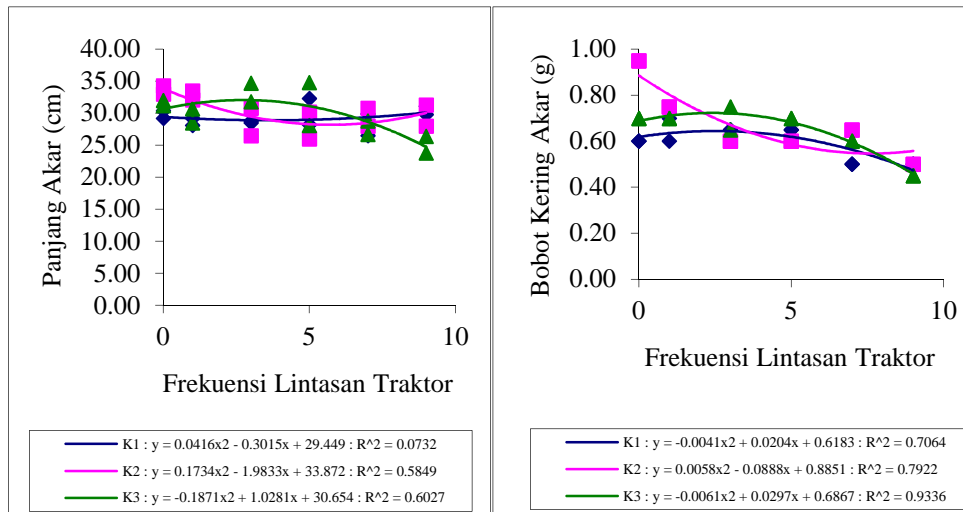
Sedangkan bobot isi tanah, merupakan petunjuk kepadatan suatu tanah. Makin tinggi nilai bobot isi dan kekerasan tanah, makin kecil ruang pori totalnya, sehingga penetrasi akar tanaman dalam tanah semakin terhambat dan tanah semakin sulit meneruskan air ke lapisan yang lebih bawah. Kepadatan tanah dapat menghambat pertumbuhan akar dengan cara : (1) meningkatkan kekuatan tanah yang merupakan pembatas mekanik terhadap pertumbuhan akar, (2) mengubah susunan dan distribusi pori tanah. Kekuatan tanah dan aerasi tanah memberikan efek interaksi terhadap kecepatan pertumbuhan tanaman. Makin padat suatu tanah, kekuatannya menjadi meningkat, sehingga diperlukan kekuatan akar yang lebih besar untuk menembus tanah tersebut ; dengan demikian perkembangan akar lebih sedikit (Taylor et al., 1972 dan Yunus, 2005).

Yunus, (2005) dan Russell, (1977) menjelaskan apabila akar tanaman yang sedang tumbuh menjumpai media padat berpori yang diameternya lebih kecil dari diameter akar, pertumbuhannya akan tetap berlanjut, jika akar tanaman mempunyai tekanan untuk memperbesar diameter ruang pori atau tanaman memperkecil diameter akarnya, sehingga lebih kecil dari diameter pori tersebut. Akar tanaman bukan saja tidak dapat memperkecil diameternya, tetapi pada umumnya akar yang dalam pertumbuhannya menjumpai rintangan, karena adanya tekanan dari luar, diameternya bertambah besar. Peningkatan diameter akar ini terjadi karena sel korteks membesar, sedangkan ukuran stele relatif tetap.

Dari pembahasan yang telah dikemukakan dapat diambil kesimpulan bahwa terganggunya perkembangan akar dan pertumbuhan tanaman hingga hasil yang diperoleh pada kondisi aerasi jelek disebabkan karena (1) terganggunya proses

fisiologi akar sebagai akibat berkurangnya O₂, dan meningkatnya CO₂ serta etilen, dan (2) gangguan dari senyawa-senyawa beracun yang berasal dari tanah sebagai akibat

berubahnya kondisi oksidasi menjadi kondisi reduksi (Visser,1977).

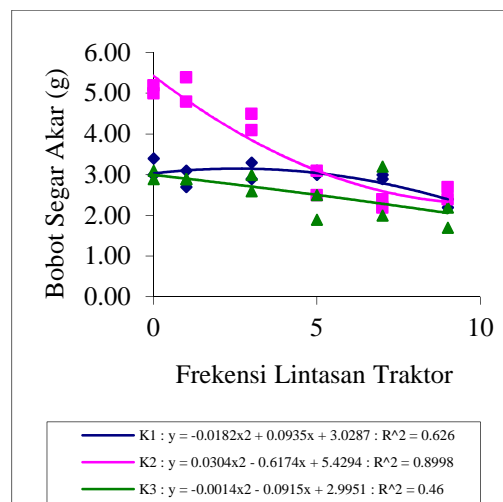


	K2	K3
K1	X	X
K2		X

	K2	K3
K1	X	//
K2		X

Keterangan : X = Berbeda
// = Sejajar

Gambar 3. Kurva hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan panjang akar dan bobot kering akar kedelai pada berbagai kemiringan lahan.



	K2	K3
K1	X	/
K2		X

Keterangan : X = Berbeda
/ = Berimpit

Gambar 4. Kurva hubungan antara frekuensi lintasan traktor dengan bobot segar akar pada setiap kemiringan lahan

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pengaruh frekuensi lintasan traktor dan kemiringan lahan telah menimbulkan perubahan beberapa sifat fisika dan mekanika tanah pada berbagai tingkat kemiringan lahan, diperoleh pada frekuensi lintasan traktor 1 – 3 dengan kemiringan lahan 6 – 10 persen, dimana secara interaktif berpengaruh nyata terhadap bobot isi, persentase pori drainase cepat, pori drainase lambat, pori air tersedia, indek stabilitas agregat tanah, permeabilitas dan konsistensi. Tahanan penetrasi dan tahanan geser tanah juga nyata dipengaruhi secara interaktif oleh frekuensi lintasan traktor dan kemiringan lahan.
2. Penurunan sifat fisika dan mekanika tanah sebagai akibat meningkatnya frekuensi lintasan traktor pada semua kemiringan lahan, telah mempengaruhi pertumbuhan dan hasil kedelai, hal ini dapat dimaklumi bahwa peningkatan kekuatan tanah telah menghambat pertumbuhan akar. Dalam hal ini panjang akar, bobot segar dan bobot kering akar serta hasil kedelai secara interaktif nyata dipengaruhi oleh frekuensi lintasan traktor dan kemiringan lahan, namun hasil kedelai yang terbaik diperoleh pada produktivitas lahan dengan kemiringan 6 - 10 persen.

Saran

Sehubungan dengan hasil penelitian dan dikaitkan dengan sistem pengolahan tanah konservatif, maka disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Pengolahan tanah pada lahan berkadar liat tinggi, pada tanah ordo Andisols, dengan menggunakan traktor pada berbagai kemiringan lahan cukup dilakukan antara 1-3 kali lintasan saja, dimana stabilitas dan produktivitas lahan dapat dipertahankan untuk konservasi tanah dan air.
2. Mengingat pengolahan tanah di lahan miring dengan menggunakan traktor semakin sering dilakukan, maka

penelitian seperti ini perlu dilakukan pada tanah yang berkadar liat rendah, terutama untuk mengetahui sejauh mana dampak penggunaan traktor dapat mempengaruhi kepekaan tanah terhadap erosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Harris, W. L. 1971. The Soil Compaction Process. In *Compaction of Agricultural Soil*. Trans. ASAE, St. Joseph, MI.
- Hillel, D 1980. *Fundamentals of Soil Physics*, New York : Academic. Press, New York-London-Toronto-Sydney-San Francisco.
- Gomez, K. A., and A. A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Edisi Kedua. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Kepner, R.A., R. Bainer, and E.L. Barger. 1982. *Principles of Farm Machinery*, AVI Publishing Co., Connecticut.
- Koolen, A. J. and H., Kuipers. 1983. *Agricultural Soil Mechanics*. Springer – Verlag, Berlin.
- Kramadibrata, M.A.M, 2000. *Analisis Kinerja Beberapa Struktur Geometrik Bajak Singkal pada Pengolahan Lahan Sawah*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.
- Russell, R. S., 1977. *Plant Root System : Their Function and Interaction With Soil*. McGraw. Hill Book Co., London.
- Rukmana, R dan Yuniarsih, 1996. *Kedelai. Bididaya dan Pascapanen*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Schmidt, P. H. and J. H. A. Ferguson. 1951. *Rainfall types based on wet and dry period rations for Indonesia with Western New Guinea*. *Verhandelingen* 42. Jawatan Meteorologi dan Geofisika, Jakarta.

- Taylor, H. M., M. G. Huck and B. Klepper. 1972. Root development in relation to soil physical conditions. *In* D. Hillel (ed) Optimizing the soil physical environment toward greater crop yield. Academic Press, New York.
- Visser, J. 1977. Soil aeration capacity, an index for soil structure, tested against yield and root development of apple trees at various soil treatment and drainage conditions. *Plant Soil*.
- Yunus, Y, 2004. Tanah dan Pengolahan. Penerbit CV. Alfabeta, Bandung.
- _____, 2005. Perubahan beberapa sifat Fisika – Mekanika Tanah akibat lintasan Traktor pada lahan dengan berbagai kemiringan. Disertasi. UNPAD, Bandung.